

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-045467

(43)Date of publication of application : 14.02.2003

(51)Int.Cl.

H01M 8/04  
// H01M 8/10

(21)Application number : 2001-228556

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 27.07.2001

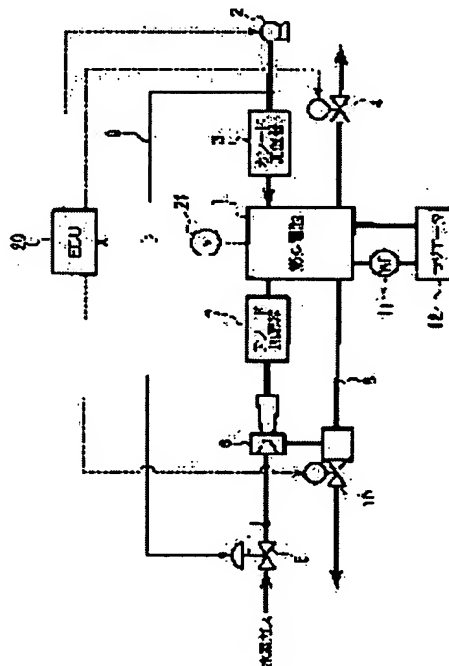
(72)Inventor : MURAKAMI GIICHI  
UEHARA JUNJI  
HAYASHI MASANORI  
YOSHIDA HIROMICHI

## (54) ABNORMALITY DETECTION METHOD FOR FUEL CELL

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To promptly and accurately detect abnormality in a fuel cell.

SOLUTION: This method is used for detecting abnormality in the fuel cell 1 provided with a cell for generating power by feeding hydrogen gas and air to an anode and a cathode, respectively. In this case, the abnormality in the fuel cell 1 is detected based on the drop speed of the cell voltage after stopping the fuel cell 1 (feeding stop of a reaction gas).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination

29.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The malfunction detection approach of the fuel cell characterized by detecting the abnormalities of a fuel cell based on the cel electrical potential difference after predetermined time in the malfunction detection approach of the fuel cell equipped with the cel which supplies and generates reactant gas to an anode and a cathode after stopping a fuel cell.

[Claim 2] The malfunction detection approach of the fuel cell characterized by detecting the abnormalities of a fuel cell based on the fall rate of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell in the malfunction detection approach of the fuel cell equipped with the cel which supplies and generates reactant gas to an anode and a cathode.

[Claim 3] The malfunction detection approach of the fuel cell according to claim 1 or 2 characterized by setting up the judgment threshold of being abnormalities according to the operational status of a fuel cell.

[Claim 4] The malfunction detection approach of the fuel cell characterized by detecting the abnormalities of a fuel cell based on distribution of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell in the malfunction detection approach of the fuel cell equipped with the cel which supplies and generates reactant gas to an anode and a cathode.

[Claim 5] The malfunction detection approach of the fuel cell according to claim 1, 2, or 4 characterized by performing malfunction detection when it is stabilized and the fuel cell is being operated, before stopping a fuel cell.

[Claim 6] It is the malfunction detection approach of the fuel cell according to claim 1 or 2 characterized by restricting lower than malfunction detection before the working pressure of the reactant gas at the time of the generation of electrical energy on and after next time when the abnormalities of a fuel cell are detected.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the malfunction detection approach of a fuel cell.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the fuel cell carried in a fuel cell powered vehicle etc. For example, the solid-state polyelectrolyte film which consists of solid-state polymer ion exchange membrane etc. is put from both sides with an anode and a cathode. The hydrogen gas passageway which consists of a stack constituted by carrying out two or more laminatings of the cel which furthermore pinched the outside with the separator of a pair, and was formed and by which hydrogen gas is supplied to each cel as fuel gas, There is a thing equipped with the air duct to which the air which contains oxygen as oxidant gas is supplied, and the coolant path to which the coolant is supplied. Hereafter, fuel gas and oxidant gas are named generically and it is called reactant gas. In this fuel cell, the solid-state polyelectrolyte film is passed, even a cathode moves, and the hydrogen ion generated by catalytic reaction in the anode causes and generates oxygen and electrochemical reaction with a cathode. And the heat generated in the case of a generation of electrical energy was taken by the coolant of a coolant path, and the fuel cell is cooled.

[0003] In this fuel cell, said solid-state polyelectrolyte film has the function as a septum to separate the function to make a hydrogen ion penetrate as an electrolyte, and the hydrogen gas of a hydrogen gas passageway and the oxidant gas (air) of an air duct, and the separator has the function as a septum to separate the hydrogen gas of a hydrogen gas passageway, the oxidant gas (air) of an air duct, and the coolant of a coolant path, respectively. Therefore, if the hole etc. is open to these solid-states polyelectrolyte film or a separator, the hydrogen gas of a hydrogen gas passageway will be revealed to an air duct. Thus, when hydrogen gas is revealed to an air duct, since hydrogen gas is inflammable gas, it reacts with the oxygen in the air in an air duct, generates heat, and has a possibility of having a bad influence on a fuel cell.

[0004] Therefore, in a fuel cell, when the hydrogen leakage by film breakage etc. has arisen, it is necessary to discover this at an early stage. Then, if the hydrogen detector was installed in the exhaust passage of the air discharged from a fuel cell and this hydrogen detector detected hydrogen conventionally as indicated by JP,6-223850,A, the approach of suspending supply of the hydrogen gas to a fuel cell was taken.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since it would not be judged with it being hydrogen leakage if hydrogen leakage will be fairly gone on from the relation between the detection sensitivity of a hydrogen detector, or detection precision in the case of the conventional approach mentioned above, before having a bad influence on a fuel cell, it was difficult [ it ] to detect hydrogen leakage. That is, failure of a fuel cell was undetectable at an early stage. Moreover, by the conventional approach, even if it was detectable that a fuel cell is failure, the cel or which cel of which neighborhood of a fuel cell was not able to specify whether they were abnormalities (failure). Then, this invention offers the malfunction detection approach that failure of a fuel cell is detectable at an early stage, paying attention to the effect which leakage of reactant gas has on a cel electrical potential difference.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, invention indicated to claim 1 An anode (for example, anode 52 in the gestalt of operation mentioned later), and a cathode To (for example, the cathode 53 in the gestalt of operation mentioned later) reactant gas The cel which supplies and generates for example, (the hydrogen gas and air) in a gestalt of the operation mentioned later In the malfunction detection approach of the fuel cell (for example, fuel cell 1 in the gestalt of operation mentioned later) equipped with (for example, the cel 55 in the gestalt of operation mentioned later), after stopping a fuel cell, it is characterized by detecting the abnormalities of a fuel cell based on the cel electrical potential difference after predetermined time.

[0007] If a generation of electrical energy of a fuel cell is suspended, supply of reactant gas will be suspended, but since reactant gas remains inside a fuel cell (gas passageway), while after a halt of a fuel cell is for a while, a cel electrical potential difference is held. If there are no abnormalities in a cel, when the cel electrical potential difference after a halt should show predetermined behavior (sag) and abnormalities are in a cel, the behavior of the cel electrical potential difference after a halt differs from always [ forward ]. Therefore, after stopping, a fuel cell is enabled to judge whether they are abnormalities based on the cel electrical potential difference after predetermined time, and it becomes possible to specify an abnormal cel. Moreover, since abnormalities are detected based on the cel electrical potential difference in the condition that supply of reactant gas is suspended, judgment precision becomes it is high and possible [ judging whether they are abnormalities for a short time ].

[0008] Invention indicated to claim 2 An anode (for example, anode 52 in the gestalt of operation mentioned later), and a cathode To (for example, the cathode 53 in the gestalt of operation mentioned later) reactant gas The cel which supplies and generates for example, (the hydrogen gas and air) in a gestalt of the operation mentioned later In the malfunction detection approach of the fuel cell (for example, fuel cell 1 in the gestalt of operation mentioned later) equipped with (for example, the cel 55 in the gestalt of operation mentioned later), it is characterized by detecting the abnormalities of a fuel cell based on the fall rate of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell.

[0009] If a generation of electrical energy of a fuel cell is suspended, supply of reactant gas will be suspended, but since reactant gas remains inside a fuel cell (gas passageway), while after a halt of a fuel cell is for a while, a cel electrical potential difference is held. If there is no unusual cel, when the fall rate of each cel electrical potential difference after a halt should become almost the same and there is an unusual cel, the sag rate of an unusual cel becomes earlier than the sag rate of a normal cel. Therefore, it becomes possible to detect the abnormalities of a fuel cell based on the fall rate of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell, and it becomes possible to specify an abnormal cel. Moreover, since abnormalities are detected based on the fall rate of the cel electrical potential difference in the condition that supply of reactant gas is suspended, judgment precision becomes it is high and possible

[ judging whether they are abnormalities for a short time ].

[0010] Invention indicated to claim 3 is characterized by setting up the judgment threshold of being abnormalities according to the operational status of a fuel cell in invention according to claim 1 or 2. The operational status of the fuel cell before performing malfunction detection processing has influence on the behavior of the cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell. For example, since the discharge from a cel is promoted so that the humidification degree of the reactant gas before early and a halt is [ the fall rate of a cel electrical potential difference ] so large that the anode before a halt and the differential pressure between cathodes are large, since leakage of the reactant gas after a halt is early, the fall rate of the cel electrical potential difference after a halt becomes quick. Therefore, it becomes possible by setting up the judgment threshold of being abnormalities according to the operational status of a fuel cell to raise judgment precision.

[0011] Invention indicated to claim 4 An anode (for example, anode 52 in the gestalt of operation mentioned later), and a cathode To (for example, the cathode 53 in the gestalt of operation mentioned later) reactant gas The cel which supplies and generates for example, (the hydrogen gas and air) in a gestalt of the operation mentioned later In the malfunction detection approach of the fuel cell (for example, fuel cell 1 in the gestalt of operation mentioned later) equipped with (for example, the cel 55 in the gestalt of operation mentioned later), it is characterized by detecting the abnormalities of a fuel cell based on distribution of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell.

[0012] If a generation of electrical energy of a fuel cell is suspended, supply of reactant gas will be suspended, but since reactant gas remains inside a fuel cell (gas passageway), while after a halt of a fuel cell is for a while, a cel electrical potential difference is held. If there is no unusual cel, although the fall rate of each cel electrical potential difference after a halt should become almost the same, when abnormalities arise in a certain cel, it is affected to the cel which adjoins from the cel which abnormalities produced, and a cel electrical potential difference shows predetermined distribution. Therefore, it becomes possible to detect the abnormalities of a fuel cell based on distribution of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell, and it becomes possible to specify an abnormal cel. Moreover, since abnormalities are detected based on distribution of each cel electrical potential difference in the condition that supply of reactant gas is suspended, judgment precision becomes it is high and possible [ judging whether they are abnormalities for a short time ].

[0013] In invention according to claim 1, 2, or 4, before invention indicated to claim 5 stops a fuel cell, when it is stabilized and the fuel cell is being operated, it is characterized by performing malfunction detection. Thus, by constituting, it becomes possible to prevent an incorrect judging.

[0014] In invention according to claim 1 or 2, invention indicated to claim 6 is characterized by restricting lower than malfunction detection before the working pressure of the reactant gas at the time of the generation of electrical energy on and after next time, when the abnormalities of a fuel cell are detected. Thus, by constituting, it becomes possible to reduce the leak rate of the reactant gas at the time of the generation of electrical energy on and after next time.

[0015]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of the malfunction detection approach of the fuel cell concerning this invention is explained with reference to the drawing of drawing 9 from drawing 1 . In addition, the gestalt of the operation explained below is the mode applied to the fuel cell carried in a fuel cell powered vehicle.

[0016] [Gestalt of the 1st operation] First, the gestalt of implementation of the 1st of this invention is explained with reference to the drawing of drawing 7 from drawing 1 . Drawing 1 is the outline block diagram of a fuel cell system, and drawing 2 is drawing shown by making a part of fuel cell 1 into a cross section. A fuel cell 1 is explained with reference to introduction and drawing 2 . A fuel cell 1 puts the solid-state polyelectrolyte film 51 which is the fuel cell of a solid-state polyelectrolyte membrane type, for example, consists of solid-state polymer ion exchange membrane etc. from both sides with an anode 52 and a cathode 53, and consists of a stack constituted by carrying out two or more laminatings of the cel 55 which pinched the outside with the separators 54 and 54 of a pair further, and was formed. Each cel 55 is equipped with the hydrogen gas passageway 56 to which hydrogen gas (reactant gas) is supplied as fuel gas, the air duct 57 to which the air (reactant gas) which contains oxygen as oxidant gas is supplied, and the coolant path 58 to which the coolant is supplied. And the hydrogen ion generated by catalytic reaction in the anode 52 penetrates the solid-state polyelectrolyte film 51, even a cathode 53 moves, and oxygen and electrochemical reaction are caused and generated with a cathode 53. By the coolant which flows said coolant path 58, heat is taken and it cools so that a fuel cell 1 may not exceed predetermined temperature by generation of heat accompanying this generation of electrical energy.

[0017] moreover -- this -- a fuel cell -- one -- setting -- each -- a cel -- 55 -- output voltage -- detecting -- a sake -- a voltage sensor -- (- V -) -- 21 -- each -- a cel -- 55 -- a separator -- 54 -- 54 -- connecting -- having -- \*\*\*\* -- a voltage sensor -- 21 -- an output signal -- ECU -- 20 -- inputting -- having -- coming -- \*\*\*\* . In addition, in drawing 1 , it has stopped on account of illustration to illustrate one voltage sensor 21.

[0018] Next, a fuel cell system is explained with reference to drawing 1 . After having been pressurized by the air compressor 2, being humidified with the cathode humidifier 3, supplying the air duct 57 of a fuel cell 1 and presenting a generation of electrical energy with the oxygen in this air as an oxidizer, the open air is discharged as air off-gas from a fuel cell 1, and is emitted to atmospheric air through a pressure control valve 4. Revolving speed control of the air compressor 2 is carried out by ECU20 so that the air of the mass according to the output demanded of the fuel cell 1 may be supplied to a fuel cell 1, and opening control of the pressure control valve 4 is carried out by ECU20 so that the supply pressure of the air to a fuel cell 1 may serve as a pressure value according to the operational status of a fuel cell 1. In addition, the air supplied to a fuel cell 1 is controlled so that an air supply pressure becomes large, while being controlled so that the demand generation-of-electrical-energy current of a fuel cell 1 is large, and the amount of air supply to a fuel cell 1 increases.

[0019] After the hydrogen gas emitted from the high-pressure hydrogen tank which is not illustrated on the other hand is decompressed by the fuel-supply-control valve 5, it passes along an ejector 6, is humidified with the anode humidifier 7, and is supplied to the hydrogen gas passageway 56 of a fuel cell 1. After a generation of electrical energy is presented with this hydrogen gas, unreacted hydrogen gas is discharged as hydrogen off-gas from a fuel cell 1, is attracted by the ejector 6 through the hydrogen off-gas recovery way 8, joins the hydrogen gas supplied from said high-pressure hydrogen tank, and is again supplied to a fuel cell 1.

[0020] In addition, the air humidified with the cathode humidifier 3 is supplied to the cathode 53 of a fuel cell 1, and the ion conductivity of the solid-state polyelectrolyte film 51 of a fuel cell 1 is secured to a predetermined condition by supplying the hydrogen gas humidified with the anode humidifier 7 to the anode 52 of a fuel cell 1.

[0021] The fuel-supply-control valve 5 consists of a proportionality pressure control valve of for example, an air type, is inputted through the pneumatic-signal installation way 9 by making into signal pressure (reference pressure) the pressure of the air supplied from an air compressor 2, and it is controlled so that the pressure of the hydrogen gas of fuel-supply-control valve 5 outlet serves as a predetermined pressure range according to said signal pressure. In addition, since the supply air to a fuel cell 1 is controlled so that the demand generation-of-electrical-energy current of a fuel cell 1 is large, and an air supply pressure becomes large as mentioned above,

the hydrogen gas controlled considering this air supply pressure as reference pressure will also be controlled so that the demand generation-of-electrical-energy current of a fuel cell 1 is large, and a hydrogen supply pressure becomes large. The hydrogen off-gas recovery way 8 is equipped with the purge valve 10, and when predetermined conditions are fulfilled by ECU20, valve-opening control is carried out, and it drains a purge valve 10 to the exterior so that water may not collect on the hydrogen gas passageway 56 of a fuel cell 1.

[0022] Moreover, the coolant for cooling a fuel cell 1 A pressure up is carried out by the water pump (WP) 11, and a radiator 12 is supplied. The coolant is cooled by radiating heat outside in a radiator 11. Then, a fuel cell 1 is supplied, in case it passes along the coolant path 58 in a fuel cell 1, heat is taken from a fuel cell 1, a fuel cell 1 is cooled, and return cooling of the coolant heated by this is again carried out through a water pump 11 at a radiator 12.

[0023] Thus, in the constituted fuel cell system, in order to stop a generation of electrical energy of a fuel cell 1, while suspending an air compressor 2 and suspending supply of air, the fuel-supply-control valve 5 is closed and supply of hydrogen gas is suspended. Thus, since reactant gas remains in a fuel cell 1 immediately after a halt even if it suspends supply of reactant gas, while after a halt of a fuel cell is for a while, a cel electrical potential difference is held. However, the hydrogen gas which remained in the hydrogen gas passageway 56 leaks from the seal section between separators 54, or it is gradually discharged from gas supply opening and gas exhaust, and the maintenance electrical potential difference of a cel falls. Therefore, if the cel electrical potential difference of each cel 55 is measured from immediately after a halt, it will fall gradually from the cel electrical-potential-difference value of each cel 55 detected immediately after the halt, and, finally the cel electrical potential difference of all the cels 55 will become zero.

[0024] By degradation with the passage of time etc., the hole is open on the solid-state polyelectrolyte film 51, or a cel 55 here or when the abnormalities which the hole was opening are in a separator 54 In order that the hydrogen gas passageway 56 and air duct 57 of this cel 55 may be open for free passage through said hole, through said hole, the hydrogen gas in the hydrogen gas passageway 56 is gradually revealed in an air duct 57, and decreases in number earlier than the cel 55 with the normal hydrogen concentration difference of the hydrogen gas passageway 56 and an air duct 57.

[0025] Consequently, the rate of sag becomes quick rather than the cel electrical potential difference of the cel 55 with the normal cel electrical potential difference of the abnormal cel 55. Drawing 3 is the example of a comparison of the cel sag rate in the abnormal cel 55 and the normal cel 55, in this drawing, a continuous line shows the normal cel 55, and the alternate long and short dash line shows the abnormal cel 55. Here, since supply of reactant gas is suspended during the halt of a fuel cell 1, a difference of the fall rate of a cel electrical potential difference appears notably. Therefore, after stopping a fuel cell 1, the cel electrical potential difference after predetermined time progress becomes lower than the cel electrical potential difference of the cel 55 with the normal cel electrical potential difference of the abnormal cel 55.

[0026] Moreover, drawing 4 is an example of the measurement result of having measured the cel electrical potential difference of each cel 55 after predetermined time progress, after stopping about the fuel cell 1 which consists of n cels 55. Thus, the cel electrical potential difference of the nx position abnormal cel 55 becomes the lowest, and the cel distribution-of-voltage section (henceforth the abbreviation V typeface distribution section) Y of an abbreviation V typeface arises focusing on this.

[0027] Thus, in the normal cel 55 and the abnormal cel 55, since the behavior of the cel electrical potential difference after suspending operation of a fuel cell 1 differs, the abnormalities of a fuel cell 1 are detectable using this. This is the malfunction detection principle of the fuel cell of this invention.

[0028] Next, with reference to the flow chart of drawing 5, malfunction detection processing of the fuel cell in the gestalt of the 1st operation is explained. With the gestalt of this operation, malfunction detection processing is started by making the OFF signal of an ignition (IG) switch into a trigger (step S101). And in step S102, before an ignition switch is turned off, it judges whether the fuel cell 1 was stabilized and was generated beyond predetermined time (when putting in another way, was reactant gas stabilized and was supplied or not?).

[0029] When the judgment result in step S102 is "NO" (the generation of electrical energy before OFF was not stable), activation of this routine is once ended. That is, malfunction detection is not performed in this case. This is because the behavior of the cel electrical potential difference after a halt becomes unstable, so the abnormality judging in the right cannot be performed unless reactant gas is supplied adequately before stopping a fuel cell 1 for malfunction detection. In addition, when judged with "NO" at step S102, although the ignition switch was once turned ON, it may have turned [ \*\*\*\*\* ] OFF immediately, for example. In addition, although the start condition of malfunction detection processing was considered as the ignition switch-off actuation by the operator with the gestalt of this operation, if the stable generation of electrical energy of the fuel cell 1 is carried out, it is good also as a start condition of malfunction detection processing of the forcible stop for an idle halt or malfunction detection.

[0030] When the judgment result in step S102 is "YES" (the stable generation of electrical energy was carried out before OFF), it progresses to step S103 and judges whether predetermined time (for example, 10 seconds) progress was carried out in OFF of an ignition switch. When the judgment result in step S103 is "NO" (before predetermined time progress), it returns to step S103 again. After an ignition switch OFF, this has the small difference of a cel electrical potential difference between the unusual cel 55 and the normal cel 55, if predetermined time has not passed, and it is because judgment precision worsens.

[0031] When the judgment result in step S103 is "YES" (after predetermined time progress), it progresses to step S104, the cel electrical potential difference of each cel 55 is read, the average (henceforth an average cel electrical potential difference) of a cel electrical potential difference is calculated, and the difference which subtracted the lowest cel electrical potential difference (henceforth the minimum cel electrical potential difference) of all cel electrical potential differences from the average cel electrical potential difference judges whether it is more than warning threshold V1.

[0032] When the judgment result in step S104 is "YES" (average cel electrical-potential-difference-minimum cel electrical-potential-difference  $\geq V1$ ), it progresses to step S105 and the difference which subtracted the minimum cel electrical potential difference from the average cel electrical potential difference judges whether it is more than fail threshold V2. Here, the fail threshold V2 is set up more greatly than the warning threshold V1 ( $V2 > V1$ ). Since extent of abnormalities (degradation and breakage) is size when the judgment result in step S105 is "YES" (average cel electrical-potential-difference-minimum cel electrical-potential-difference  $\geq V2$ ), a fail lamp is turned on and a next generation of electrical energy is forbidden (step S106). Furthermore, it judges with abnormalities (degradation and breakage) being in the cel 55 of the cel number which detected the minimum cel electrical potential difference (step S107), in order to make it the reference at the time of fixing a fuel cell 1 later (cel exchange), this cel number is written in the backup memory of ECU20 (step S108), and malfunction detection processing is ended.

[0033] On the other hand, since extent of abnormalities (degradation and breakage) is small although abnormalities are looked at by the cel 55 of the cel number which detected the minimum cel electrical potential difference when the judgment result in step S105 is "NO" (average cel electrical-potential-difference-minimum cel electrical-potential-difference  $< V2$ ), a warning lamp is turned on and it is made into load limitation mode next time at the time of a generation of electrical energy (step S109). As mentioned above, since it is controlling to enlarge a hydrogen supply pressure so that a demand generation-of-electrical-energy current (output) is large, if the

output of a fuel cell 1 is enlarged, the hydrogen capacity of a fuel cell 1 revealed from the hydrogen gas passageway 56 to an air duct 57 will increase. Therefore, although extent is small, when the abnormal cel 55 is found, the output of a fuel cell 1 is usually restricted rather than the time of operation mode in load limitation mode at the time of a generation of electrical energy, it operates a fuel cell 1, and reduces leakage of hydrogen next time. That is, when abnormalities are detected to a fuel cell 1, the working pressure of the reactant gas at the time of the generation of electrical energy on and after next time is restricted lower than malfunction detection before. Then, it judges with abnormalities being in the cel 55 of the cel number which detected the minimum cel electrical potential difference (step S107), this cel number is written in the backup memory of ECU20 (step S108), and malfunction detection processing is ended.

[0034] Moreover, when the judgment result in step S104 is "NO" (average cel electrical-potential-difference-minimum cel electrical-potential-difference  $< V1$ ), it judges with all the cels 55 being normal, a next generation of electrical energy is usually made into operation mode (step S110), and malfunction detection processing is ended. Thus, with the gestalt of the 1st operation, since the abnormalities of a fuel cell are detected based on the cel electrical potential difference after predetermined time after stopping a fuel cell 1, the abnormalities of a fuel cell 1 are detectable to quick and accuracy (highly precise). And an abnormal cel can be specified.

[0035] In addition, although the electrical-potential-difference difference of an average cel electrical potential difference and the minimum cel electrical potential difference is computed and he is trying to compare this electrical-potential-difference difference, the fail threshold V2, or the warning threshold V1 with the gestalt of the 1st operation mentioned above, the standard deviation of the cel electrical potential difference of all the cels 55 is computed by replacing with this, this standard deviation, said fail threshold V2, or the warning threshold V1 is compared, and it may be made to perform an abnormality judging.

[0036] Moreover, the operational status of the fuel cell 1 before performing malfunction detection processing has influence on the behavior of the cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell 1. For example, since the amount of cross leaks between an anode and a cathode becomes large so that the humidity of the reactant gas before early and a halt is [ the fall rate of a cel electrical potential difference ] so high that the anode before a halt and the differential pressure between cathodes are large, since cross leak of the reactant gas after a halt (hydrogen gas) is early (many), the fall rate of the cel electrical potential difference after a halt becomes quick. Therefore, if a setting change of the warning threshold V1 and the fail threshold V2 which are a judgment threshold is made according to the operational status of a fuel cell, judgment precision can be raised more.

[0037] Then, so that a judgment threshold is enlarged, so that the differential pressure between an anode and a cathode is large, differential pressure is small and a judgment threshold may be made small. Moreover, so that a judgment threshold is enlarged, so that the humidification degree of reactant gas is large, a humidification degree is small and a judgment threshold may be made small. It asks for an anode, the judgment threshold correction factor Kpd based on the differential pressure of a cathode, and the judgment threshold correction factor Kh based on a humidification degree experimentally beforehand, respectively. For example, it memorizes to ROM of ECU20 as a judgment threshold correction factor map as shown in drawing 6 and drawing 7. According to the operational status before stopping a fuel cell 1 in malfunction detection processing, compute the judgment threshold correction factors Kpd and Kh, and the fail threshold V1 and the warning threshold V2 are amended based on a degree type. You may make it use fail threshold V1' and warning threshold V2' which were these-amended in step S104 or step S105.

$V1' = V1 \text{ and } Kpd \cdot Kh \dots \text{Formula (1)}$

$V2' = V2 \text{ and } Kpd \cdot Kh \dots \text{Formula (2)}$

[0038] [Gestalt of the 2nd operation] Next, the gestalt of implementation of the 2nd of the malfunction detection approach of the fuel cell concerning this invention is explained with reference to the flow chart of drawing 8. With the gestalt of the 1st operation mentioned above, after stopping a fuel cell 1, compute the electrical-potential-difference difference or standard deviation of an average cel electrical potential difference and the minimum cel electrical potential difference after predetermined time progress, and although the abnormality judging was performed as compared with the judgment threshold, these With the gestalt of this 2nd operation, the inclination (namely, fall rate) of a fall of the cel electrical potential difference of each cel 55 is computed, and it is made to perform an abnormality judging for the inclination of this fall as compared with a judgment threshold. In addition, since it is the same as the thing of the gestalt of the 1st operation about the fuel cell structure of a system, the explanation shall be omitted and shall explain only malfunction detection processing.

[0039] First, malfunction detection processing is started by making the OFF signal of an ignition (IG) switch into a trigger (step S201). And in step S202, before an ignition switch is turned off, it judges whether the fuel cell 1 was stabilized and was generated beyond predetermined time (when putting in another way, was reactant gas stabilized and was supplied or not?).

[0040] When the judgment result in step S202 is "NO" (the generation of electrical energy before OFF was not stable), activation of this routine is once ended. That is, malfunction detection is not performed in this case. This is because the behavior of the cel electrical potential difference after a halt becomes unstable, so the abnormality judging in the right cannot be performed unless reactant gas is supplied adequately before stopping a fuel cell 1 for malfunction detection. In addition, although the start condition of malfunction detection processing was considered as the ignition switch-off actuation by the operator with the gestalt of this operation, if the stable generation of electrical energy of the fuel cell 1 is carried out, it is good also as a start condition of malfunction detection processing of the forcible stop for an idle halt or malfunction detection.

[0041] When the judgment result in step S202 is "YES" (the stable generation of electrical energy was carried out before OFF), it progresses to step S203 and judges whether the humidity of reactant gas, the temperature of a fuel cell 1, and the supply pressure of reactant gas are in predetermined condition within the limits, respectively. When the judgment result in step S203 is "NO" (terms and conditions are not satisfied), activation of this routine is once ended. That is, malfunction detection is not performed in this case. This is because the behavior of the cel electrical potential difference after a halt becomes unstable and the abnormality judging in the right cannot be performed, unless reactant gas is supplied adequately.

[0042] When the judgment result in step S203 is "YES" (terms and conditions are satisfied), since the execution condition of malfunction detection processing is satisfied, it progresses to step S204, and the inclination of a fall of the cel electrical potential difference of each cel 55 is computed, and the inclination of a fall of the cel electrical potential difference of each cel 55 judges whether they are one or more warning thresholds VS.

[0043] When the judgment result in step S204 is "YES" (inclination  $\geq VS1$  of a fall of a cel electrical potential difference), it progresses to step S205 and the inclination of a fall of the cel electrical potential difference of the cel 55 which were one or more warning thresholds VS judges whether they are two or more fail thresholds VS. Here, the fail threshold VS 2 is set up more greatly than the warning threshold VS 1 ( $VS2 > VS1$ ). Since extent of abnormalities (degradation and breakage) is size when the judgment result in step S205 is "YES" (inclination  $\geq VS2$  of the inclination of a cel electrical potential difference), a fail lamp is turned on and a next generation of electrical energy is forbidden (step S206). Furthermore, it judges with abnormalities (degradation and breakage) being in the cel 55 of the cel number whose inclinations of a fall of a cel electrical potential difference were two or more (namely, one or more warning thresholds VS) fail thresholds VS (step S207), in order to make it the reference at the time of fixing a fuel cell 1 later



(cel exchange), this cel number is written in the backup memory of ECU20 (step S208), and malfunction detection processing is ended.

[0044] Since extent of abnormalities (degradation and breakage) is small although abnormalities are looked at by the cel 55 whose inclinations of a fall of a cel electrical potential difference were one or more fail thresholds VS when the judgment result in step S205 is "NO" (inclination <VS2 of a fall of a cel electrical potential difference), a warning lamp is turned on and it is made into load limitation mode next time at the time of a generation of electrical energy (step S209). About the reason for making the time of a generation of electrical energy into load limitation mode next time, it is the same as the case of the gestalt of the 1st operation, and is for controlling the hydrogen leakage at the time of a generation of electrical energy next time. Then, the inclination of a fall of a cel electrical potential difference judges with abnormalities being in the cel 55 of the cel number which was beyond a threshold (VS1) (step S207), writes this cel number in the backup memory of ECU20 (step S208), and ends malfunction detection processing.

[0045] When the judgment result in step S204 is "NO" (inclination <VS1 of a fall of a cel electrical potential difference), it judges with all the cels 55 being normal, a next generation of electrical energy is usually made into operation mode (step S210), and malfunction detection processing is ended. Thus, with the gestalt of the 2nd operation, since abnormalities are detected based on the fall rate of the cel electrical potential difference in the condition that supply of reactant gas is suspended, the abnormalities of a fuel cell 1 are detectable to quick and accuracy (highly precise). And an abnormal cel can be specified.

[0046] Also in the malfunction detection approach of the fuel cell in the gestalt of this 2nd operation, since judgment precision will increase further if it is possible to make a setting change and the fail threshold VS 2 and the warning threshold VS 1 are made such according to the operational status (namely, the differential pressure between an anode and a cathode and the humidification degree of reactant gas) of the fuel cell 1 before a halt, it is desirable.

[0047] [Gestalt of the 3rd operation] Next, the gestalt of implementation of the 3rd of the malfunction detection approach of the fuel cell concerning this invention is explained. After stopping a fuel cell 1 when an abnormality cel exists in a fuel cell 1 as mentioned above, as shown in drawing 4, the cel electrical potential difference of the nx position abnormal cel 55 becomes the lowest, and the abbreviation V typeface distribution section Y produces distribution of the cel electrical potential difference after predetermined time progress focusing on this.

[0048] Here, it guesses about the reason which the abbreviation V typeface distribution section Y produces. As mentioned above, a fuel cell 1 carries out the laminating of many cels 55, and is constituted. The fuel cell 1 is equipped with the through tube for hydrogen supply and the through tube for hydrogen discharge which were formed by penetrating all the cels 55, the through tube for air supply, and the through tube for air discharge. Distribution supply of the hydrogen gas is carried out in juxtaposition from said through tube for hydrogen supply at the hydrogen gas passageway 56 of each cel 55. From the hydrogen gas passageway 56 of each cel 55, unreacted hydrogen gathers to said through tube for hydrogen discharge, and is discharged. Distribution supply of the air is carried out in [ the air duct 57 of each cel 55 ] juxtaposition from said through tube for air supply, and from the air duct 57 of each cel 55, unreacted air gathers to said through tube for air discharge, and is discharged. That is, the hydrogen gas passageway 56 of each cel 55 is connected by the through tube for hydrogen supply, and the through tube for hydrogen discharge, and the air duct 57 of each cel 55 is connected by the through tube for air supply, and the through tube for air discharge. Therefore, if hydrogen gas is revealed to an air duct 57 from the hydrogen gas passageway 56 of the nx position abnormal cel 55 when a fuel cell 1 stops and the flow of reactant gas has stopped, it will be imagined as what flows also into the air duct 57 of the normal cel 55 which this hydrogen gas adjoins through said through tube for air discharge, and brings forward the fall rate of the cel electrical potential difference of the adjoining normal cel 55. And since it is influenced [ the ] greatly about 55 cel located near the unusual cel, it is imagined as what the abbreviation V typeface distribution section Y produces.

[0049] Therefore, when [ which was mentioned above ] malfunction detection processing of the gestalt of the 1st operation or the gestalt of the 2nd operation is performed, there is a possibility that a misjudgment law may be carried out to the normal cel 55 which was located near this abnormality cel 55 and it not only judges that the nx position cel 55 is unusual, but was influenced [ that ] being unusual. The abnormality judging processing in the gestalt of the 3rd operation judged that the cel 55 which makes the top-most vertices of a crest in the abbreviation V typeface distribution section Y, i.e., the cel which shows the minimum cel electrical potential difference, is unusual, when such an incorrect judging was made not to be perform and the abbreviation V typeface distribution section Y existed in distribution of the cel electrical potential difference of all cels. If it does in this way, it can prevent carrying out the misjudgment law of the normal cel which caused abnormalities to the cel electrical potential difference under the effect of an unusual cel to those with abnormalities.

[0050] Next, malfunction detection processing of the fuel cell in the gestalt of the 3rd operation is explained with reference to the flow chart of drawing 9. First, malfunction detection processing is started by making the OFF signal of an ignition (IG) switch into a trigger (step S301). And in step S302, before an ignition switch is turned off, it judges whether the fuel cell 1 was stabilized and was generated beyond predetermined time (when putting in another way, was reactant gas stabilized and was supplied or not?).

[0051] When the judgment result in step S302 is "NO" (the generation of electrical energy before OFF was not stable), activation of this routine is once ended. That is, malfunction detection is not performed in this case. This is because the behavior of the cel electrical potential difference after a halt becomes unstable, so the abnormality judging in the right cannot be performed unless reactant gas is supplied adequately before stopping a fuel cell 1 for malfunction detection. In addition, although the start condition of malfunction detection processing was considered as the ignition switch-off actuation by the operator with the gestalt of this operation, if the stable generation of electrical energy of the fuel cell 1 is carried out, it is good also as a start condition of malfunction detection processing of the forcible stop for an idle halt or malfunction detection.

[0052] When the judgment result in step S302 is "YES" (the stable generation of electrical energy was carried out before OFF), it progresses to step S303 and judges whether predetermined time (for example, 10 seconds) progress was carried out in OFF of an ignition switch. When the judgment result in step S303 is "NO" (before predetermined time progress), it returns to step S303 again. After an ignition switch OFF, this has the small difference of a cel electrical potential difference between the unusual cel 55 and the normal cel 55, if predetermined time has not passed, and it is because judgment precision worsens.

[0053] When the judgment result in step S303 is "YES" (after predetermined time progress), it progresses to step S304, the cel electrical potential difference of each cel 55 is read, the average (henceforth an average cel electrical potential difference) of a cel electrical potential difference is calculated, each cel electrical potential difference is subtracted from an average cel electrical potential difference about all the cels 55, and a difference (electrical-potential-difference difference) is searched for.

[0054] And it progresses to step S305 and judges whether average poor electrical-potential-difference difference distribution is created in order of arrangement of a cel 55, and the abbreviation V typeface distribution section Y exists the electrical-potential-difference difference of each cel 55 in this electrical-potential-difference difference distribution. Since an abnormality cel exists when the judgment result in step S305 is "YES" (the abbreviation V typeface distribution section Y exists), a fail lamp is turned on and a next generation of electrical energy is forbidden (step S306).

[0055] Furthermore, it judges with abnormalities (degradation and breakage) being in the cel 55 of the cel number which detected the minimum cel electrical potential difference in the abbreviation V typeface distribution section Y (step S307), in order to make it the reference at the time of fixing a fuel cell 1 later (cel exchange), this cel number is written in the backup memory of ECU20 (step S308), and malfunction detection processing is ended.

[0056] On the other hand, when the judgment result in step S305 is "NO" (the abbreviation V typeface distribution section Y does not exist), it judges with all the cels 55 being normal, a next generation of electrical energy is usually made into operation mode (step S309), and malfunction detection processing is ended. Thus, with the gestalt of the 3rd operation, since abnormalities are detected based on distribution of each cel electrical potential difference in the condition that supply of reactant gas is suspended, the abnormalities of a fuel cell 1 are correctly [ quickly and ] detectable. And since it has judged with abnormalities being in the cel which shows the minimum cel electrical potential difference in the abbreviation V typeface distribution section Y, it not only can specify an abnormal cel, but it can prevent carrying out the misjudgment law of the normal cel to it being unusual.

[0057] In addition, the thing which were mentioned above and which is done to abnormality judging processing and coincidence of the gestalt of the 1st operation or the gestalt of the 2nd operation for parallel processing is also possible for abnormality judging processing of the gestalt of this 3rd operation. If it does in this way, judgment precision can be raised further.

[0058] Gestalt] of operation of others [ [ ] In addition, this invention is not restricted to the gestalt of operation mentioned above. For example, the fuel cell set as the application object of the malfunction detection approach of this invention is not restricted to the fuel cell of a solid-state polyelectrolyte membrane type, and can be applied also to the fuel cell of other formats.

[0059]

[Effect of the Invention] Since the abnormalities of a fuel cell are detected based on the cel electrical potential difference after predetermined time according to invention indicated to claim 1 after stopping a fuel cell so that it may explain above, judgment precision is high, judgment time amount is shortened, therefore the outstanding effectiveness that the abnormalities of a fuel cell are detectable at an early stage is done so. Moreover, according to invention indicated to claim 1, it is effective in the ability to specify an abnormal cel.

[0060] According to invention indicated to claim 2, since the abnormalities of a fuel cell are detected based on the fall rate of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell, judgment precision is high, judgment time amount is shortened, therefore the outstanding effectiveness that the abnormalities of a fuel cell are detectable at an early stage is done so. Moreover, according to invention indicated to claim 2, it is effective in the ability to specify an abnormal cel.

[0061] According to invention indicated to claim 3, since the judgment threshold of being abnormalities is set up according to the operational status of a fuel cell, it is effective in the ability to raise judgment precision. According to invention indicated to claim 4, since the abnormalities of a fuel cell are detected based on distribution of each cel electrical potential difference after a halt of a fuel cell, judgment precision is high, judgment time amount is shortened, therefore the outstanding effectiveness that the abnormalities of a fuel cell are detectable at an early stage is done so. Moreover, according to invention indicated to claim 4, it is effective in the ability to specify an abnormal cel.

[0062] Since according to invention indicated to claim 5 malfunction detection is performed when it is stabilized and the fuel cell is being operated before stopping a fuel cell, the effectiveness that an incorrect judging can be prevented is done so. According to invention indicated to claim 6, it is effective in the ability to reduce the leak rate of the reactant gas at the time of the generation of electrical energy on and after next time.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the fuel cell structure-of-a-system Fig. equipped with the fuel cell by which malfunction detection is carried out by the malfunction detection approach concerning this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view of said fuel cell.

[Drawing 3] It is drawing having measured and shown the fall rate of the cel electrical potential difference in a normal cel and an unusual cel.

[Drawing 4] It is drawing showing an example of distribution of the total cel electrical potential difference in said fuel cell.

[Drawing 5] It is the flow chart of the malfunction detection processing in the gestalt of the 1st operation concerning this invention.

[Drawing 6] It is an example of a judgment threshold correction factor map based on the differential pressure of an anode and a cathode.

[Drawing 7] It is an example of a judgment threshold correction factor map based on the humidification degree of reactant gas.

[Drawing 8] It is the flow chart of the malfunction detection processing in the gestalt of the 2nd operation concerning this invention.

[Drawing 9] It is the flow chart of the malfunction detection processing in the gestalt of the 3rd operation concerning this invention.

[Description of Notations]

1 Fuel Cell

52 Anode

53 Cathode

55 Cel

Y Abbreviation V typeface distribution section

---

[Translation done.]

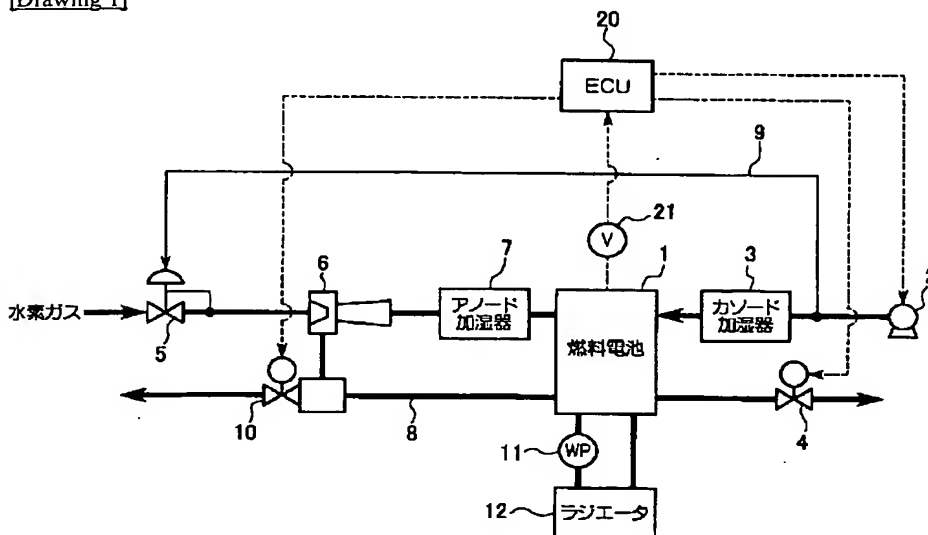
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

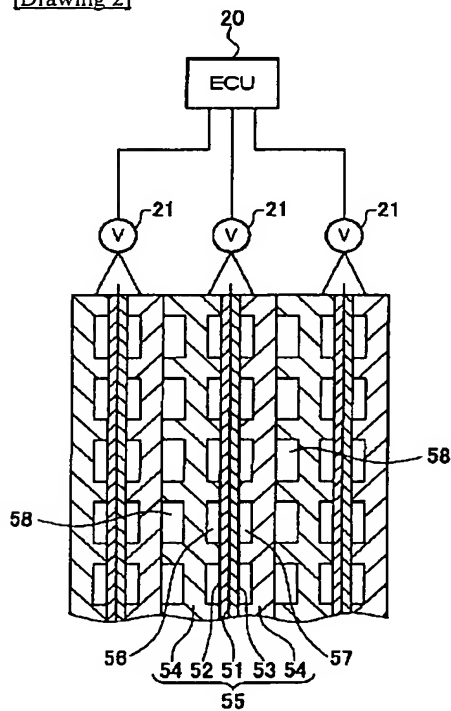
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

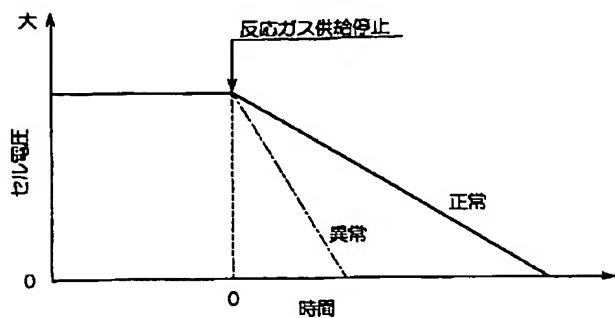
[Drawing 1]



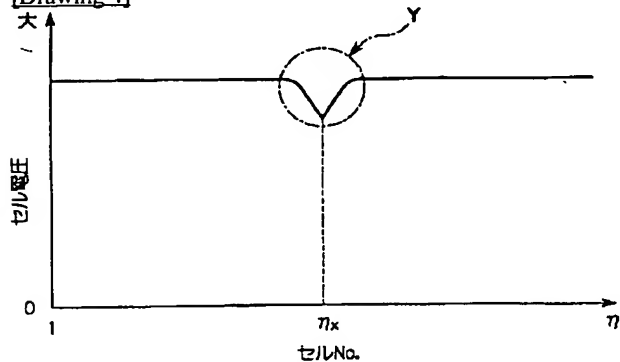
[Drawing 2]



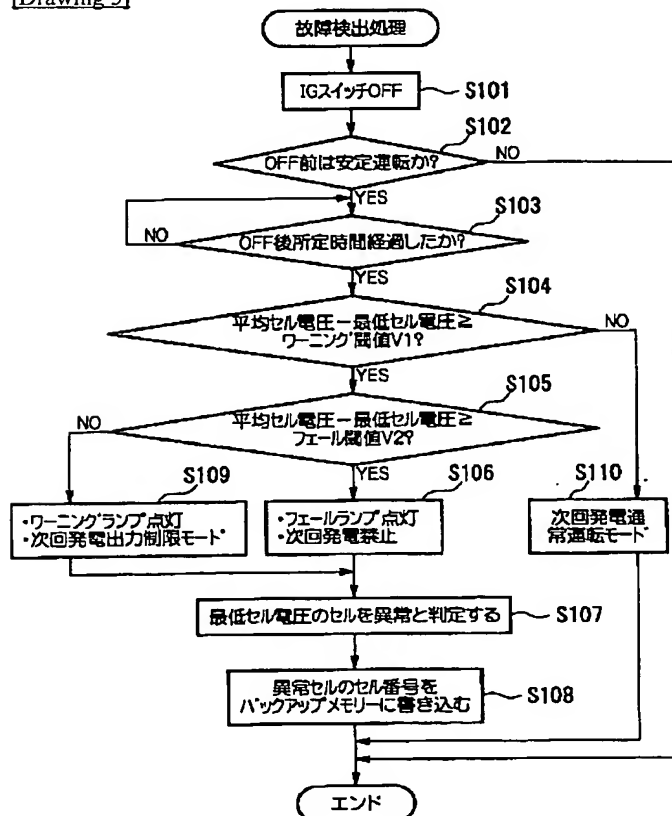
[Drawing 3]



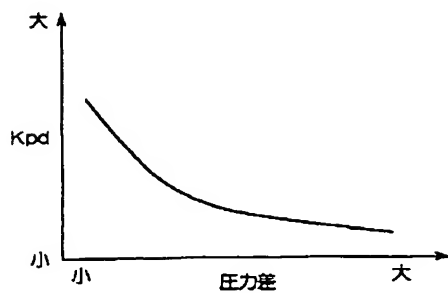
[Drawing 4]



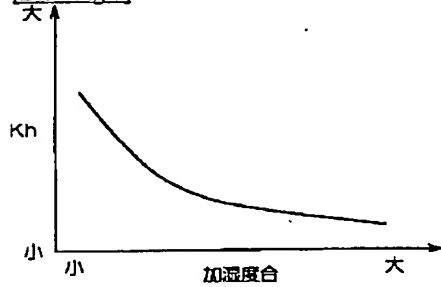
[Drawing 5]



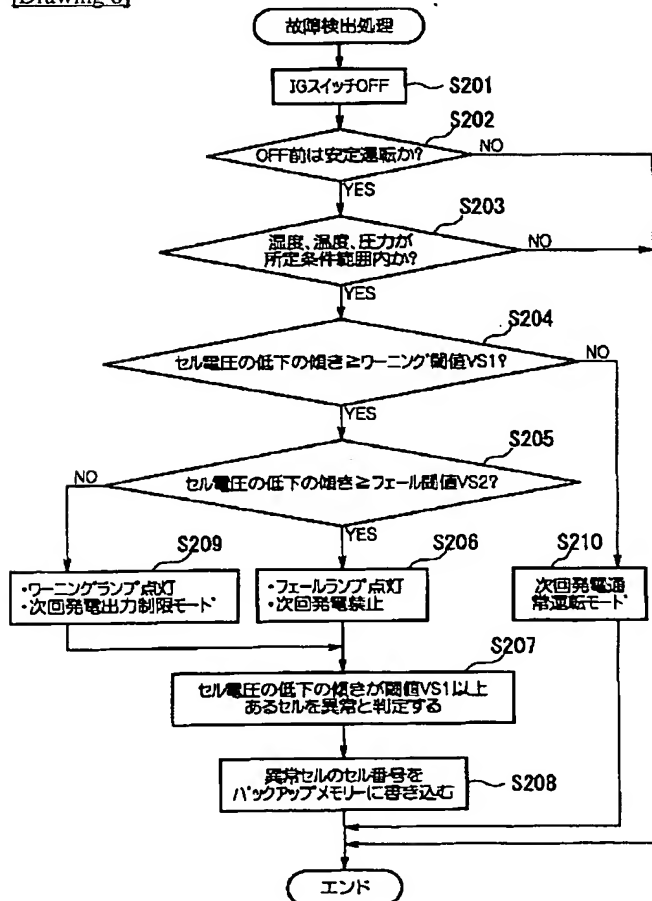
[Drawing 6]



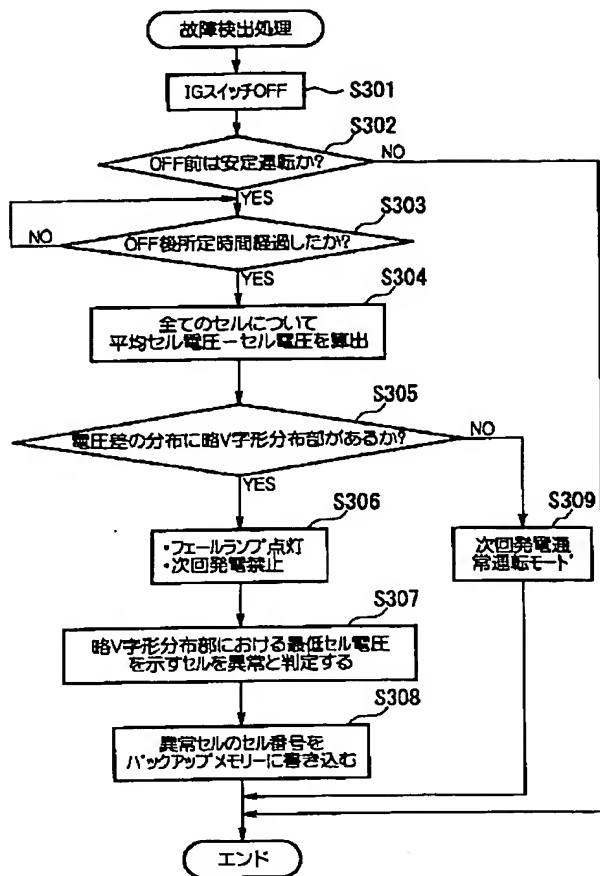
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003045467 A**

(43) Date of publication of application: **14.02.03**

(51) Int. Cl

**H01M 8/04**  
**// H01M 8/10**

(21) Application number: **2001228556**

(22) Date of filing: **27.07.01**

(71) Applicant: **HONDA MOTOR CO LTD**

(72) Inventor:  
**MURAKAMI GIICHI**  
**UEHARA JUNJI**  
**HAYASHI MASANORI**  
**YOSHIDA HIROMICHI**

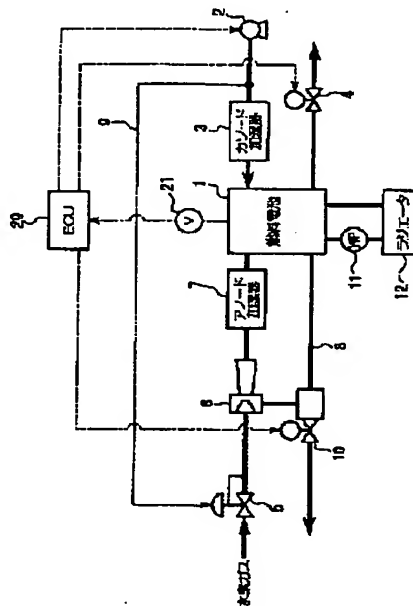
**(54) ABNORMALITY DETECTION METHOD FOR FUEL CELL**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To promptly and accurately detect abnormality in a fuel cell.

**SOLUTION:** This method is used for detecting abnormality in the fuel cell 1 provided with a cell for generating power by feeding hydrogen gas and air to an anode and a cathode, respectively. In this case, the abnormality in the fuel cell 1 is detected based on the drop speed of the cell voltage after stopping the fuel cell 1 (feeding stop of a reaction gas).

COPYRIGHT: (C)2003,JPO





(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-45467

(P2003-45467A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	Z 5 H 0 2 6
// H 0 1 M 8/10		8/10	Y 5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-228556 (P2001-228556)

(22) 出願日 平成13年7月27日 (2001.7.27)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 村上 義一

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 上原 順司

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外5名)

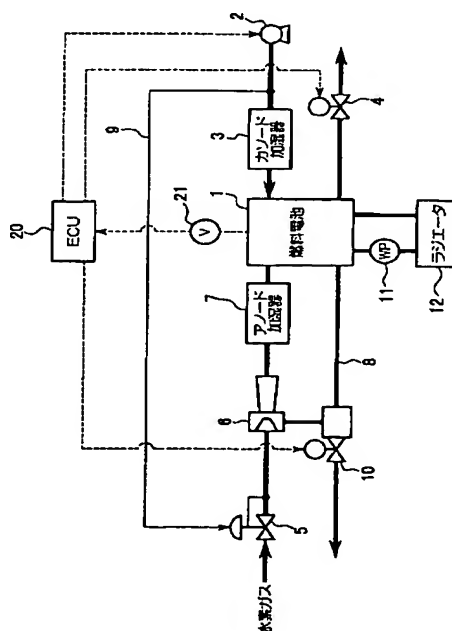
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池の異常検出方法

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池の異常を早期に高精度に検出する。

【解決手段】 アノードに水素ガスを供給しカソードに空気を供給して発電するセルを備えた燃料電池1の異常を検出する方法において、燃料電池1を停止（反応ガスの供給停止）した後のセル電圧の低下速度に基づいて燃料電池1の異常を検出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アノードおよびカソードに反応ガスを供給して発電するセルを備えた燃料電池の異常検出方法において、燃料電池を停止してから所定時間後のセル電圧に基づいて燃料電池の異常を検出することを特徴とする燃料電池の異常検出方法。

【請求項 2】 アノードおよびカソードに反応ガスを供給して発電するセルを備えた燃料電池の異常検出方法において、燃料電池の停止後の各セル電圧の低下速度に基づいて燃料電池の異常を検出することを特徴とする燃料電池の異常検出方法。

【請求項 3】 異常か否かの判定閾値を燃料電池の運転状態に応じて設定することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池の異常検出方法。

【請求項 4】 アノードおよびカソードに反応ガスを供給して発電するセルを備えた燃料電池の異常検出方法において、燃料電池の停止後の各セル電圧の分布に基づいて燃料電池の異常を検出することを特徴とする燃料電池の異常検出方法。

【請求項 5】 燃料電池を停止する前に、燃料電池を安定して運転していた場合に異常検出を実行することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 または請求項 4 に記載の燃料電池の異常検出方法。

【請求項 6】 燃料電池の異常を検出した場合は、次回以降の発電時における反応ガスの作動圧を異常検出前よりも低く制限することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池の異常検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、燃料電池の異常検出方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】燃料電池自動車等に搭載される燃料電池には、例えば固体ポリマーイオン交換膜等からなる固体高分子電解質膜をアノードとカソードとで両側から挟み込み、さらにその外側を一對のセパレータで挟持して形成されたセルを複数積層して構成されたスタックからなり、各セルに、燃料ガスとして水素ガスが供給される水素ガス通路と、酸化剤ガスとして酸素を含む空気が供給される空気通路と、冷却液が供給される冷却液通路とを備えたものがある。以下、燃料ガスと酸化剤ガスを総称して反応ガスという。この燃料電池においては、アノードで触媒反応により発生した水素イオンが、固体高分子電解質膜を通過してカソードまで移動し、カソードで酸素と電気化学反応を起こして発電する。そして、発電の際に発生する熱を冷却液通路の冷却液で奪い、燃料電池を冷却している。

【0003】この燃料電池において前記固体高分子電解質膜は、電解質として水素イオンを透過させる機能と、水素ガス通路の水素ガスと空気通路の酸化剤ガス（空気）とを分離する隔壁としての機能を有しており、また、セパレータは水素ガス通路の水素ガスと空気通路の酸化剤ガス（空気）と冷却液通路の冷却液をそれぞれ分離する隔壁としての機能を有している。したがって、これら固体高分子電解質膜やセパレータに孔などが開いていると、水素ガス通路の水素ガスが空気通路に漏洩してしまう。このように水素ガスが空気通路に漏洩すると、水素ガスは可燃性ガスであるため空気通路内の空気中の酸素と反応して発熱し、燃料電池に悪影響を及ぼす虞がある。

【0004】そのため、燃料電池では、膜破損等による水素漏れが生じているときには早期にこれを見発する必要がある。そこで、従来は、例えば特開平 6 223850 号公報に開示されているように、燃料電池から排出される空気の排出路に水素検知器を設置し、この水素検知器が水素を検出したならば、燃料電池への水素ガスの供給を停止するなどの方法を採用していた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述した従来の方法の場合、水素検知器の検出感度や検出精度の関係から、水素漏れが相当に進行した状態にならないと水素漏れであると判定されないため、燃料電池に悪影響を及ぼす前に水素漏れを検出することが困難であった。すなわち、燃料電池の故障を早期に検出することができなかった。また、従来の方法では、燃料電池が故障であることは検出できたとしても、燃料電池のどの辺りのセルあるいはどのセルが異常（故障）であるか特定することはできなかった。そこで、この発明は、反応ガスの漏洩がセル電圧に与える影響に着目して、燃料電池の故障を早期に検出することができる異常検出方法を提供するものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項 1 に記載した発明は、アノード（例えば、後述する実施の形態におけるアノード 52）およびカソード（例えば、後述する実施の形態におけるカソード 53）に反応ガス（例えば、後述する実施の形態における水素ガスおよび空気）を供給して発電するセル（例えば、後述する実施の形態におけるセル 55）を備えた燃料電池（例えば、後述する実施の形態における燃料電池 1）の異常検出方法において、燃料電池を停止してから所定時間後のセル電圧に基づいて燃料電池の異常を検出することを特徴とする。

【0007】燃料電池の発電を停止すると反応ガスの供給が停止されるが、燃料電池の内部（ガス流路）には反応ガスが残存しているため、燃料電池の停止後もしばらくの間はセル電圧が保持される。セルに異常がなければ

停止後のセル電圧は所定の挙動（電圧低下）を示すはずであり、セルに異常がある場合には、停止後のセル電圧の挙動が正常時とは異なってくる。したがって、停止してから所定時間後のセル電圧に基づいて燃料電池が異常か否かを判定することが可能となり、異常があるセルを特定することが可能となる。また、反応ガスの供給が停止されている状態でのセル電圧に基づいて異常を検出しているので、判定精度が高く、且つ、異常か否かを短時間で判定することが可能となる。

【0008】請求項2に記載した発明は、アノード（例えば、後述する実施の形態におけるアノード52）およびカソード（例えば、後述する実施の形態におけるカソード53）に反応ガス（例えば、後述する実施の形態における水素ガスおよび空気）を供給して発電するセル（例えば、後述する実施の形態におけるセル55）を備えた燃料電池（例えば、後述する実施の形態における燃料電池1）の異常検出方法において、燃料電池の停止後の各セル電圧の低下速度に基づいて燃料電池の異常を検出することを特徴とする。

【0009】燃料電池の発電を停止すると反応ガスの供給が停止されるが、燃料電池の内部（ガス流路）には反応ガスが残存しているため、燃料電池の停止後もしばらくの間はセル電圧が保持される。異常なセルがなければ停止後の各セル電圧の低下速度はほぼ同じになるはずであり、異常なセルがある場合には、異常なセルの電圧低下速度は正常なセルの電圧低下速度よりも早くなる。したがって、燃料電池の停止後の各セル電圧の低下速度に基づいて燃料電池の異常を検出することが可能となり、異常があるセルを特定することが可能となる。また、反応ガスの供給が停止されている状態でのセル電圧の低下速度に基づいて異常を検出しているので、判定精度が高く、且つ、異常か否かを短時間で判定することが可能となる。

【0010】請求項3に記載した発明は、請求項1または請求項2に記載の発明において、異常か否かの判定閾値を燃料電池の運転状態に応じて設定することを特徴とする。異常検出処理を実行する前の燃料電池の運転状態は、燃料電池の停止後のセル電圧の挙動に影響がある。例えば、停止前のアノードとカソード間の圧力差が大きいか停止後の反応ガスの漏洩が早いとセル電圧の低下速度が早く、停止前の反応ガスの加湿度合いが大きいかセルからの放電が促進されるため停止後のセル電圧の低下速度が速くなる。したがって、異常か否かの判定閾値を燃料電池の運転状態に応じて設定することにより、判定精度を高めることが可能になる。

【0011】請求項4に記載した発明は、アノード（例えば、後述する実施の形態におけるアノード52）およびカソード（例えば、後述する実施の形態におけるカソード53）に反応ガス（例えば、後述する実施の形態における水素ガスおよび空気）を供給して発電するセル

（例えば、後述する実施の形態におけるセル55）を備えた燃料電池（例えば、後述する実施の形態における燃料電池1）の異常検出方法において、燃料電池の停止後の各セル電圧の分布に基づいて燃料電池の異常を検出することを特徴とする。

【0012】燃料電池の発電を停止すると反応ガスの供給が停止されるが、燃料電池の内部（ガス流路）には反応ガスが残存しているため、燃料電池の停止後もしばらくの間はセル電圧が保持される。異常なセルがなければ停止後の各セル電圧の低下速度はほぼ同じになるはずであるが、あるセルに異常が生じると、異常の生じたセルから隣接するセルへ影響を与え、セル電圧が所定の分布を示す。したがって、燃料電池の停止後の各セル電圧の分布に基づいて燃料電池の異常を検出することが可能となり、異常があるセルを特定することが可能となる。また、反応ガスの供給が停止されている状態での各セル電圧の分布に基づいて異常を検出しているので、判定精度が高く、且つ、異常か否かを短時間で判定することが可能となる。

【0013】請求項5に記載した発明は、請求項1または請求項2または請求項4に記載の発明において、燃料電池を停止する前に、燃料電池を安定して運転していた場合に異常検出を実行することを特徴とする。このように構成することにより、誤判定を防止することが可能になる。

【0014】請求項6に記載した発明は、請求項1または請求項2に記載の発明において、燃料電池の異常を検出した場合は、次回以降の発電時における反応ガスの作動圧を異常検出前よりも低く制限することを特徴とする。このように構成することにより、次回以降の発電時における反応ガスの漏洩量を低減することが可能になる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係る燃料電池の異常検出方法の実施の形態を図1から図9の図面を参照して説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、燃料電池自動車に搭載される燃料電池に適用した態様である。

【0016】〔第1の実施の形態〕初めに、この発明の第1の実施の形態を図1から図7の図面を参照して説明する。図1は燃料電池システムの概略構成図であり、図2は燃料電池1の一部を断面にして示した図である。初めに、図2を参照して燃料電池1について説明する。燃料電池1は固体高分子電解質膜型の燃料電池であり、例えば固体ポリマーイオン交換膜等からなる固体高分子電解質膜51をアノード52とカソード53とで両側から挟み込み、さらにその外側を一对のセパレータ54、54で挟持して形成されたセル55を複数積層して構成されたスタックからなる。各セル55は、燃料ガスとして水素ガス（反応ガス）が供給される水素ガス通路56

と、酸化剤ガスとして酸素を含む空気（反応ガス）が供給される空気通路 5 7 と、冷却液が供給される冷却液通路 5 8 とを備えている。そして、アノード 5 2 で触媒反応により発生した水素イオンが、固体高分子電解質膜 5 1 を透過してカソード 5 3 まで移動し、カソード 5 3 で酸素と電気化学反応を起こして発電する。この発電に伴う発熱により燃料電池 1 が所定温度を越えないように、前記冷却液通路 5 8 を流れる冷却液で熱を奪い冷却するようにしている。

【0017】また、この燃料電池 1 においては、各セル 5 5 の出力電圧を検出するための電圧センサ（V）2 1 が各セル 5 5 のセパレータ 5 4、5 4 に接続されており、電圧センサ 2 1 の出力信号は ECU 20 に入力されるようになっている。なお、図 1 では、図示の都合上、一つの電圧センサ 2 1 を図示するに留めている。

【0018】次に、図 1 を参照して、燃料電池システムについて説明する。外気はエアコンプレッサ 2 によって加圧され、カソード加湿器 3 で加湿されて燃料電池 1 の空気通路 5 7 に供給され、この空気中の酸素が酸化剤として発電に供された後、燃料電池 1 から空気オフガスとして排出され、圧力制御弁 4 を介して大気へ放出される。エアコンプレッサ 2 は、燃料電池 1 に要求されている出力に応じた質量の空気が燃料電池 1 に供給されるように ECU 20 によって回転数制御され、また、圧力制御弁 4 は、燃料電池 1 への空気の供給圧が燃料電池 1 の運転状態に応じた圧力値となるように ECU 20 によって開度制御される。なお、燃料電池 1 へ供給される空気は、燃料電池 1 の要求発電電流が大きいほど、燃料電池 1 への空気供給量が多くなるように制御されるとともに、空気供給圧が大きくなるように制御される。

【0019】一方、図示しない高圧水素タンクから放出された水素ガスは燃料供給制御弁 5 により減圧された後、エゼクタ 6 を通り、アノード加湿器 7 で加湿されて燃料電池 1 の水素ガス通路 5 6 に供給される。この水素ガスは発電に供された後、未反応の水素ガスは燃料電池 1 から水素オフガスとして排出され、水素オフガス回収路 8 を通ってエゼクタ 6 に吸引され、前記高圧水素タンクから供給される水素ガスと合流し再び燃料電池 1 に供給されるようになっている。

【0020】なお、カソード加湿器 3 で加湿された空気が燃料電池 1 のカソード 5 3 に供給され、アノード加湿器 7 で加湿された水素ガスが燃料電池 1 のアノード 5 2 に供給されることにより、燃料電池 1 の固体高分子電解質膜 5 1 のイオン導電性が所定の状態に確保される。

【0021】燃料供給制御弁 5 は、例えば空気式の比例圧力制御弁からなり、エアコンプレッサ 2 から供給される空気の圧力を信号圧（基準圧力）として空気信号導入路 9 を介して入力され、燃料供給制御弁 5 出口の水素ガスの圧力が前記信号圧に応じた所定圧力範囲となるように制御する。なお、燃料電池 1 への供給空気は、前述し

たように、燃料電池 1 の要求発電電流が大きいほど空気供給圧が大きくなるように制御されるので、この空気供給圧を基準圧力として制御される水素ガスも、燃料電池 1 の要求発電電流が大きいほど水素供給圧が大きくなるように制御されることとなる。水素オフガス回収路 8 はバージ弁 10 を備えており、バージ弁 10 は ECU 20 により所定条件が満たされたときに開弁制御されて、燃料電池 1 の水素ガス通路 5 6 に水が溜まらないように外部へ排水する。

【0022】また、燃料電池 1 を冷却するための冷却液は、ウォーターポンプ（WP）11 によって昇圧されてラジエータ 12 に供給され、ラジエータ 11 において外部に放熱することにより冷却液は冷却され、その後、燃料電池 1 に供給され、燃料電池 1 内の冷却液通路 5 8 を通る際に燃料電池 1 から熱を奪って燃料電池 1 を冷却し、これにより熱せられた冷却液はウォーターポンプ 11 を介して再びラジエータ 12 に戻り冷却されるようになっている。

【0023】このように構成された燃料電池システムでは、燃料電池 1 の発電を停止させるには、エアコンプレッサ 2 を停止して空気の供給を停止するとともに、燃料供給制御弁 5 を閉じて水素ガスの供給を停止する。このように反応ガスの供給を停止しても、停止直後は燃料電池 1 内に反応ガスが残存しているので、燃料電池の停止後もしばらくの間はセル電圧が保持される。しかしながら、水素ガス通路 5 6 内に残留した水素ガスは、セパレータ 5 4 間のシール部から漏れたり、ガス供給口、ガス排出口から徐々に排出され、セルの保持電圧は低下する。したがって、停止直後から各セル 5 5 のセル電圧を測定すると、停止直後に検出された各セル 5 5 のセル電圧値から徐々に低下していき、最後には全てのセル 5 5 のセル電圧はゼロになる。

【0024】ここで、セル 5 5 が経時劣化などにより、例えば固体高分子電解質膜 5 1 に孔が開いていたり、あるいは、セパレータ 5 4 に孔が開いていたりした異常がある場合には、該セル 5 5 の水素ガス通路 5 6 と空気通路 5 7 が前記孔を介して連通するため、前記孔を通して水素ガス通路 5 6 内の水素ガスが空気通路 5 7 内に徐々に漏洩し、水素ガス通路 5 6 と空気通路 5 7 の水素濃度差が正常なセル 5 5 よりも早く減少していく。

【0025】その結果、異常があるセル 5 5 のセル電圧は正常なセル 5 5 のセル電圧よりも電圧低下の速度が速くなる。図 3 は、異常があるセル 5 5 と正常なセル 5 5 におけるセル電圧低下速度の比較例であり、この図において実線は正常なセル 5 5 を示し、一点鎖線は異常があるセル 5 5 を示している。ここで、燃料電池 1 の停止中は反応ガスの供給が停止されているので、セル電圧の低下速度の相違は顕著に現れる。したがって、燃料電池 1 を停止してから所定時間経過後のセル電圧は、異常があるセル 5 5 のセル電圧の方が正常なセル 5 5 のセル電圧

よりも低くなる。

【0026】また、図4は、 $n$ 個のセル55からなる燃料電池1について停止してから所定時間経過後の各セル55のセル電圧を測定した測定結果の一例である。このように、異常がある $n \times$ 番目のセル55のセル電圧が一番低くなり、これを中心にして略V字形のセル電圧分布部（以下、略V字形分布部という）Yが生じる。

【0027】このように正常なセル55と異常があるセル55では、燃料電池1の運転を停止した後のセル電圧の挙動が異なることから、これを利用して燃料電池1の異常を検出することができる。これが本発明の燃料電池の異常検出原理である。

【0028】次に、図5のフローチャートを参照して、第1の実施の形態における燃料電池の異常検出処理を説明する。この実施の形態では、イグニッション（IG）スイッチのOFF信号をトリガーとして異常検出処理が開始される（ステップS101）。そして、ステップS102において、イグニッションスイッチがOFFになる前に所定時間以上、燃料電池1が安定して発電されていたか否か（換言すれば、反応ガスが安定して供給されていたか否か）判定する。

【0029】ステップS102における判定結果が「NO」（OFF前の発電が安定していなかった）である場合には、本ルーチンの実行を一旦終了する。すなわち、この場合には、異常検出は実行されない。これは、異常検出のために燃料電池1を停止する前に反応ガスが安定供給されていないと、停止後のセル電圧の挙動が不安定になるため正しい異常判定ができないからである。なお、ステップS102で「NO」と判定される場合としては、例えば、イグニッションスイッチを一旦ONにしたが、直ぐにOFFにしたときなどがある。なお、この実施の形態では、異常検出処理の開始条件を運転者によるイグニッションスイッチOFF操作としたが、燃料電池1が安定発電されていれば、アイドル停止あるいは異常検出のための強制停止を異常検出処理の開始条件としてもよい。

【0030】ステップS102における判定結果が「YES」（OFF前に安定発電されていた）である場合は、ステップS103に進み、イグニッションスイッチのOFF後、所定時間（例えば、10秒）経過したか否か判定する。ステップS103における判定結果が「NO」（所定時間経過前）である場合は、再びステップS103に戻る。これは、イグニッションスイッチOFF後、所定時間が経過していないと異常なセル55と正常なセル55の間でセル電圧の差が小さく、判定精度が悪くなるからである。

【0031】ステップS103における判定結果が「YES」（所定時間経過後）である場合は、ステップS104に進み、各セル55のセル電圧を読み込み、セル電圧の平均値（以下、平均セル電圧という）を計算し、平

均セル電圧から全てのセル電圧の中で一番低いセル電圧（以下、最低セル電圧という）を減算した差がワーニング閾値V1以上か否か判定する。

【0032】ステップS104における判定結果が「YES」（平均セル電圧－最低セル電圧 $\geq V1$ ）である場合は、ステップS105に進んで、平均セル電圧から最低セル電圧を減算した差がフェール閾値V2以上か否か判定する。ここで、フェール閾値V2はワーニング閾値V1よりも大きく設定しておく（ $V2 > V1$ ）。ステップS105における判定結果が「YES」（平均セル電圧－最低セル電圧 $\geq V2$ ）である場合は、異常（劣化や破損）の程度が大であるので、フェールランプを点灯し、次の発電を禁止する（ステップS106）。さらに、最低セル電圧を検出したセル番号のセル55に異常（劣化や破損）があると判定して（ステップS107）、後で燃料電池1を修理（セル交換）する際の参考にするために該セル番号をECU20のバックアップメモリーに書き込み（ステップS108）、異常検出処理を終了する。

【0033】一方、ステップS105における判定結果が「NO」（平均セル電圧－最低セル電圧 $< V2$ ）である場合は、最低セル電圧を検出したセル番号のセル55に異常が見られるものの異常（劣化や破損）の程度が小さいので、ワーニングランプを点灯して、次回発電時は出力制限モードとする（ステップS109）。前述したように、燃料電池1は要求発電電流（出力）が大きいほど水素供給圧を大きくするように制御しているため、燃料電池1の出力を大きくすると水素ガス通路56から空気通路57へ漏洩する水素ガス量が多くなる。したがって、程度が小さいとは言え異常があるセル55が見つかった時には、次回発電時は出力制限モードで燃料電池1の出力を通常運転モードの時よりも制限して燃料電池1を運転し、水素の漏洩を低減させるのである。つまり、燃料電池1に異常を検出した場合には、次回以降の発電時における反応ガスの作動圧を異常検出前よりも低く制限する。この後、最低セル電圧を検出したセル番号のセル55に異常があると判定して（ステップS107）、該セル番号をECU20のバックアップメモリーに書き込み（ステップS108）、異常検出処理を終了する。

【0034】また、ステップS104における判定結果が「NO」（平均セル電圧－最低セル電圧 $< V1$ ）である場合は、全てのセル55が正常であると判定して、次の発電は通常運転モードとし（ステップS110）、異常検出処理を終了する。このように、第1の実施の形態では、燃料電池1を停止してから所定時間後のセル電圧に基づいて燃料電池の異常を検出しているので、迅速且つ正確（高精度）に燃料電池1の異常を検出することができる。しかも、異常があるセルを特定することができる。

【0035】なお、前述した第1の実施の形態では、平

均セル電圧と最低セル電圧の電圧差を算出し、この電圧差とフェール閾値V2あるいはワーニング閾値V1とを比較するようにしているが、これに代えて、全セル55のセル電圧の標準偏差を算出し、この標準偏差と前記フェール閾値V2あるいはワーニング閾値V1とを比較して異常判定を行うようにしてもよい。

【0036】また、異常検出処理を実行する前の燃料電池1の運転状態は、燃料電池1の停止後のセル電圧の挙動に影響がある。例えば、停止前のアノードとカソード間の圧力差が大きいほど停止後の反応ガス（水素ガス）のクロスリークが早い（多い）ためセル電圧の低下速度が早く、停止前の反応ガスの湿度が高いほどアノードとカソード間のクロスリーク量が大きくなるため停止後のセル電圧の低下速度が速くなる。したがって、判定閾値であるワーニング閾値V1およびフェール閾値V2を燃料電池の運転状態に応じて設定変更すると、判定精度をより高めることができる。

【0037】そこで、アノードとカソード間の圧力差が大きいほど判定閾値を大きくし圧力差が小さいほど判定閾値を小さくするように、また、反応ガスの加湿度合いが大きいほど判定閾値を大きくし加湿度合いが小さいほど判定閾値を小さくするように、アノードとカソードの圧力差に基づく判定閾値補正係数Kpdと、加湿度合いに基づく判定閾値補正係数Khをそれぞれ予め実験的に求めて、例えば図6および図7に示すような判定閾値補正係数マップとしてECU20のROMに記憶しておき、異常検出処理において燃料電池1を停止する前の運転状態に応じて判定閾値補正係数Kpd、Khを算出し、フェール閾値V1およびワーニング閾値V2を次式に基づき補正して、これら補正されたフェール閾値V1'およびワーニング閾値V2'をステップS104あるいはステップS105において用いるようにしてもよい。

$$V1' = V1 \cdot Kpd \cdot Kh \quad \cdots \text{式(1)}$$

$$V2' = V2 \cdot Kpd \cdot Kh \quad \cdots \text{式(2)}$$

【0038】〔第2の実施の形態〕次に、この発明に係る燃料電池の異常検出方法の第2の実施の形態を図8のフローチャートを参照して説明する。前述した第1の実施の形態では、燃料電池1を停止してから所定時間経過後に平均セル電圧と最低セル電圧との電圧差あるいは標準偏差を算出し、これらを判定閾値と比較して異常判定を行ったが、この第2の実施の形態では、各セル55のセル電圧の低下の傾き（すなわち、低下速度）を算出して、この低下の傾きを判定閾値と比較して異常判定を行うようにしている。なお、燃料電池システムの構成については第1の実施の形態のものと同一であるのでその説明は省略し、異常検出処理についてだけ説明するものとする。

【0039】まず、イグニッション（IG）スイッチのOFF信号をトリガーとして異常検出処理が開始される（ステップS201）。そして、ステップS202にお

いて、イグニッションスイッチがOFFになる前に所定時間以上、燃料電池1が安定して発電されていたか否か（換言すれば、反応ガスが安定して供給されていたか否か）判定する。

【0040】ステップS202における判定結果が「NO」（OFF前の発電が安定していなかった）である場合には、本ルーチンの実行を一旦終了する。すなわち、この場合には、異常検出は実行されない。これは、異常検出のために燃料電池1を停止する前に反応ガスが安定供給されていないと、停止後のセル電圧の挙動が不安定になるため正しい異常判定ができないからである。なお、この実施の形態では、異常検出処理の開始条件を運転者によるイグニッションスイッチOFF操作としたが、燃料電池1が安定発電されていたれば、アイドル停止あるいは異常検出のための強制停止を異常検出処理の開始条件としてもよい。

【0041】ステップS202における判定結果が「YES」（OFF前に安定発電されていた）である場合は、ステップS203に進み、反応ガスの湿度、燃料電池1の温度、反応ガスの供給圧がそれぞれ所定条件範囲内にあるか否か判定する。ステップS203における判定結果が「NO」（諸条件を満足していない）である場合は、本ルーチンの実行を一旦終了する。すなわち、この場合には、異常検出は実行されない。これは、反応ガスが安定供給されていないと停止後のセル電圧の挙動が不安定になり、正しい異常判定ができないからである。

【0042】ステップS203における判定結果が「YES」（諸条件を満足している）である場合は、異常検出処理の実行条件を満足しているのでステップS204に進み、各セル55のセル電圧の低下の傾きを算出し、各セル55のセル電圧の低下の傾きがワーニング閾値VS1以上か否か判定する。

【0043】ステップS204における判定結果が「YES」（セル電圧の低下の傾き $\geq$ VS1）である場合は、ステップS205に進んで、ワーニング閾値VS1以上であったセル55のセル電圧の低下の傾きがフェール閾値VS2以上か否か判定する。ここで、フェール閾値VS2はワーニング閾値VS1よりも大きく設定しておく（VS2>VS1）。ステップS205における判定結果が「YES」（セル電圧の傾斜の傾き $\geq$ VS2）である場合は、異常（劣化や破損）の程度が大であるので、フェールランプを点灯し、次の発電を禁止する（ステップS206）。さらに、セル電圧の低下の傾きがフェール閾値VS2以上（すなわち、ワーニング閾値VS1以上）であったセル番号のセル55に異常（劣化や破損）があると判定して（ステップS207）、後で燃料電池1を修理（セル交換）する際の参考にするために該セル番号をECU20のバックアップメモリーに書き込み（ステップS208）、異常検出処理を終了する。



【0044】ステップS205における判定結果が「N O」（セル電圧の低下の傾き<VS2）である場合は、セル電圧の低下の傾きがフェール閾値VS1以上であったセル55に異常が見られるものの異常（劣化や破損）の程度が小さいので、ワーニングランプを点灯して、次回発電時は出力制限モードとする（ステップS209）。次回発電時を出力制限モードとする理由については第1の実施の形態の場合と同じであり、次回発電時における水素漏れを抑制するためである。その後、セル電圧の低下の傾きが閾値（VS1）以上であったセル番号のセル55に異常があると判定して（ステップS207）、該セル番号をECU20のバックアップメモリーに書き込み（ステップS208）、異常検出処理を終了する。

【0045】ステップS204における判定結果が「N O」（セル電圧の低下の傾き<VS1）である場合は、全てのセル55が正常であると判定して、次の発電は通常運転モードとし（ステップS210）、異常検出処理を終了する。このように、第2の実施の形態では、反応ガスの供給が停止されている状態でのセル電圧の低下速度に基づいて異常を検出しているため、迅速且つ正確（高精度）に燃料電池1の異常を検出することができる。しかも、異常があるセルを特定することができる。

【0046】この第2の実施の形態における燃料電池の異常検出方法においても、停止前の燃料電池1の運転状態（すなわち、アノードとカソード間の圧力差や、反応ガスの加湿度合）に応じてフェール閾値VS2およびワーニング閾値VS1を設定変更することが可能であり、そのようにすると判定精度がさらに高まるので好ましい。

【0047】〔第3の実施の形態〕次に、この発明に係る燃料電池の異常検出方法の第3の実施の形態を説明する。前述したように、燃料電池1に異常セルが存在する場合には、燃料電池1を停止してから所定時間経過後のセル電圧の分布は、図4に示すように、異常があるn x 番目のセル55のセル電圧が一番低くなり、これを中心にして略V字形分布部Yが生じる。

【0048】ここで、略V字形分布部Yが生じる理由について推察する。前述したように燃料電池1は多数のセル55を積層して構成されている。燃料電池1は、全セル55を貫通して形成された水素供給用貫通孔と水素排出用貫通孔と空気供給用貫通孔と空気排出用貫通孔とを備えていて、水素ガスは前記水素供給用貫通孔から各セル55の水素ガス通路56に並列的に分配供給され、各セル55の水素ガス通路56から未反応の水素が前記水素排出用貫通孔に集合して排出されるようになっており、空気は前記空気供給用貫通孔から各セル55の空気通路57に並列的に分配供給され、各セル55の空気通路57から未反応の空気が前記空気排出用貫通孔に集合して排出されるようになっている。つまり、各セル55

の水素ガス通路56は水素供給用貫通孔および水素排出用貫通孔によってつながっており、各セル55の空気通路57は空気供給用貫通孔および空気排出用貫通孔によってつながっている。そのため、燃料電池1が停止し反応ガスの流れが止まっている時には、異常があるn x 番目のセル55の水素ガス通路56から空気通路57に水素ガスが漏洩すると、この水素ガスが前記空気排出用貫通孔を通して隣接する正常なセル55の空気通路57にも流れ込み、隣接する正常なセル55のセル電圧の低下速度を早めるものと推察される。しかも、異常なセルの近くに位置するセル55ほどその影響を大きく受けるため、略V字形分布部Yが生じるものと推察される。

【0049】したがって、前述した第1の実施の形態または第2の実施の形態の異常検出処理を実行した場合、n x 番目のセル55が異常であると判定されるだけでなく、この異常セル55の近傍に位置してその影響を受けた正常なセル55も異常であると誤判定される虞がある。第3の実施の形態における異常判定処理は、このような誤判定が行われないようにしたものであり、全セルのセル電圧の分布に略V字形分布部Yが存在するときには、その略V字形分布部Yの中で山の頂点をなすセル、すなわち最低セル電圧を示しているセル55だけを異常であると判定するようにした。このようにすると、異常なセルの影響によりセル電圧に異常を来した正常なセルを異常ありと誤判定するのを防止することができる。

【0050】次に、第3の実施の形態における燃料電池の異常検出処理を図9のフローチャートを参照して説明する。まず、イグニッション（IG）スイッチのOFF信号をトリガーとして異常検出処理が開始される（ステップS301）。そして、ステップS302において、イグニッションスイッチがOFFになる前に所定時間以上、燃料電池1が安定して発電されていたか否か（換言すれば、反応ガスが安定して供給されていたか否か）判定する。

【0051】ステップS302における判定結果が「N O」（OFF前の発電が安定していなかった）である場合には、本ルーチンの実行を一旦終了する。すなわち、この場合には、異常検出は実行されない。これは、異常検出のために燃料電池1を停止する前に反応ガスが安定供給されていないと、停止後のセル電圧の挙動が不安定になるため正しい異常判定ができないからである。なお、この実施の形態では、異常検出処理の開始条件を運転者によるイグニッションスイッチOFF操作としたが、燃料電池1が安定発電されていたれば、アイドル停止あるいは異常検出のための強制停止を異常検出処理の開始条件としてもよい。

【0052】ステップS302における判定結果が「YES」（OFF前に安定発電されていた）である場合は、ステップS303に進み、イグニッションスイッチのOFF後、所定時間（例えば、10秒）経過したか否

か判定する。ステップS303における判定結果が「NO」(所定時間経過前)である場合は、再びステップS303に戻る。これは、イグニッションスイッチOFF後、所定時間が経過していないと異常なセル55と正常なセル55の間でセル電圧の差が小さく、判定精度が悪くなるからである。

【0053】ステップS303における判定結果が「YES」(所定時間経過後)である場合は、ステップS304に進み、各セル55のセル電圧を読み込み、セル電圧の平均値(以下、平均セル電圧という)を計算し、全てのセル55について平均セル電圧から各セル電圧を減算して差(電圧差)を求める。

【0054】そして、ステップS305に進み、各セル55の電圧差をセル55の配置順に並べた電圧差分布を作成し、この電圧差分布に略V字形分布部Yが存在するか否かを判定する。ステップS305における判定結果が「YES」(略V字形分布部Yが存在する)である場合は、異常セルが存在するので、フェールランプを点灯し、次の発電を禁止する(ステップS306)。

【0055】さらに、略V字形分布部Yにおける最低セル電圧を検出したセル番号のセル55に異常(劣化や破損)があると判定して(ステップS307)、後で燃料電池1を修理(セル交換)する際の参考にするために該セル番号をECU20のバックアップメモリーに書き込み(ステップS308)、異常検出処理を終了する。

【0056】一方、ステップS305における判定結果が「NO」(略V字形分布部Yが存在しない)である場合は、全てのセル55が正常であると判定して、次の発電は通常運転モードとし(ステップS309)、異常検出処理を終了する。このように、第3の実施の形態では、反応ガスの供給が停止されている状態での各セル電圧の分布に基づいて異常を検出しているので、迅速且つ正確に燃料電池1の異常を検出することができる。しかも、略V字形分布部Yにおける最低セル電圧を示しているセルに異常があると判定しているので、異常があるセルを特定することができるだけでなく、正常なセルを異常であると誤判定するのを防止することができる。

【0057】なお、この第3の実施の形態の異常判定処理は、前述した第1の実施の形態あるいは第2の実施の形態の異常判定処理と同時に並行処理することも可能である。このようにすると、判定精度をさらに向上させることができる。

【0058】〔他の実施の形態〕尚、この発明は前述した実施の形態に限られるものではない。例えば、本発明の異常検出方法の適用対象となる燃料電池は固体高分子電解質膜型の燃料電池に限られるものではなく、他の形式の燃料電池にも適用可能である。

【0059】

【発明の効果】以上説明するように、請求項1に記載した発明によれば、燃料電池を停止してから所定時間後の

セル電圧に基づいて燃料電池の異常を検出するので、判定精度が高く、且つ、判定時間が短縮され、したがって、燃料電池の異常を早期に検出することができるという優れた効果が奏される。また、請求項1に記載した発明によれば、異常があるセルを特定することができるという効果もある。

【0060】請求項2に記載した発明によれば、燃料電池の停止後の各セル電圧の低下速度に基づいて燃料電池の異常を検出するので、判定精度が高く、且つ、判定時間が短縮され、したがって、燃料電池の異常を早期に検出することができるという優れた効果が奏される。また、請求項2に記載した発明によれば、異常があるセルを特定することができるという効果もある。

【0061】請求項3に記載した発明によれば、異常か否かの判定閾値を燃料電池の運転状態に応じて設定するので、判定精度を高めることができるという効果がある。請求項4に記載した発明によれば、燃料電池の停止後の各セル電圧の分布に基づいて燃料電池の異常を検出するので、判定精度が高く、且つ、判定時間が短縮され、したがって、燃料電池の異常を早期に検出することができるという優れた効果が奏される。また、請求項4に記載した発明によれば、異常があるセルを特定することができるという効果もある。

【0062】請求項5に記載した発明によれば、燃料電池を停止する前に燃料電池を安定して運転していた場合に異常検出を実行するので、誤判定を防止することができるという効果が奏される。請求項6に記載した発明によれば、次回以降の発電時における反応ガスの漏洩量を低減することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に係る異常検出方法で異常検出される燃料電池を備えた燃料電池システムの構成図である。

【図2】 前記燃料電池の断面図である。

【図3】 正常なセルと異常なセルにおけるセル電圧の低下速度を比較して示した図である。

【図4】 前記燃料電池における全セル電圧の分布の一例を示す図である。

【図5】 この発明に係る第1の実施の形態における異常検出処理のフローチャートである。

【図6】 アノードとカソードの圧力差に基づく判定閾値補正係数マップの一例である。

【図7】 反応ガスの加湿度合に基づく判定閾値補正係数マップの一例である。

【図8】 この発明に係る第2の実施の形態における異常検出処理のフローチャートである。

【図9】 この発明に係る第3の実施の形態における異常検出処理のフローチャートである。

【符号の説明】

1 燃料電池

52 アノード

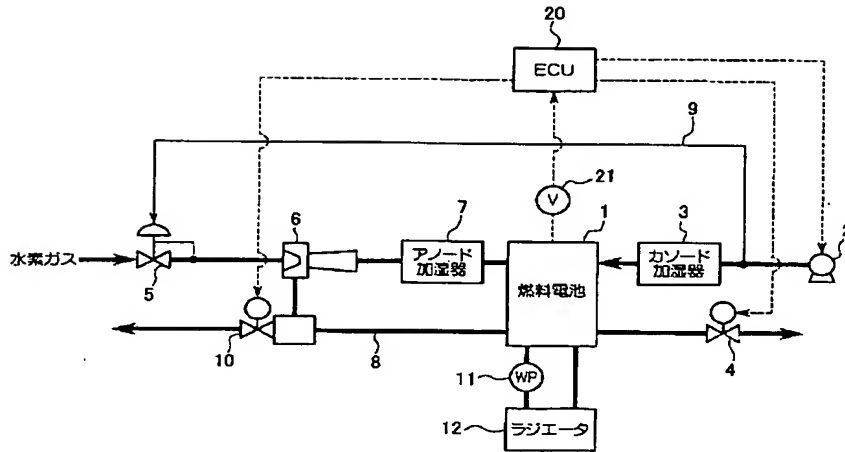
53 カソード

\* Y 略V字形分布部

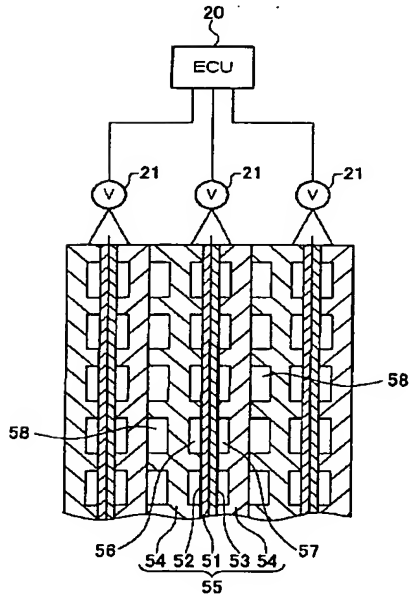
55 セル

\*

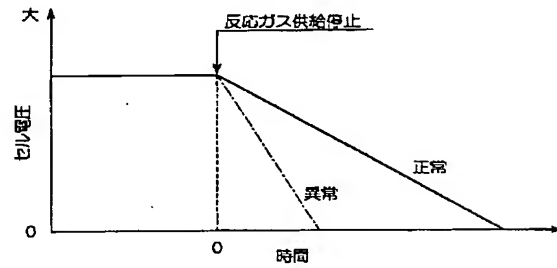
【図1】



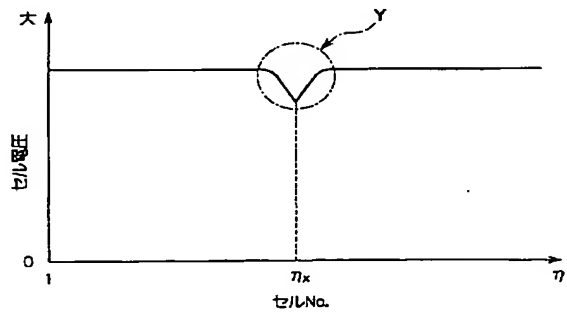
【図2】



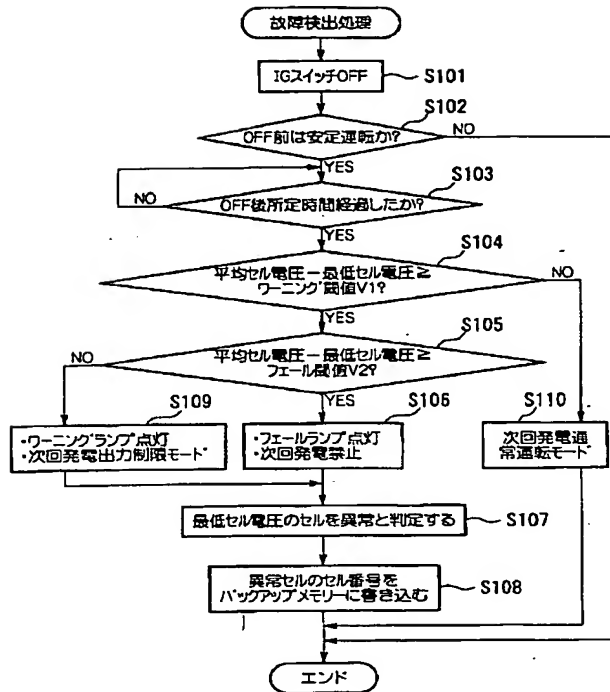
【図3】



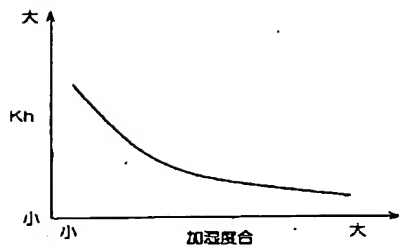
【図4】



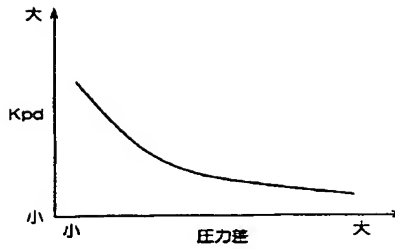
【図5】



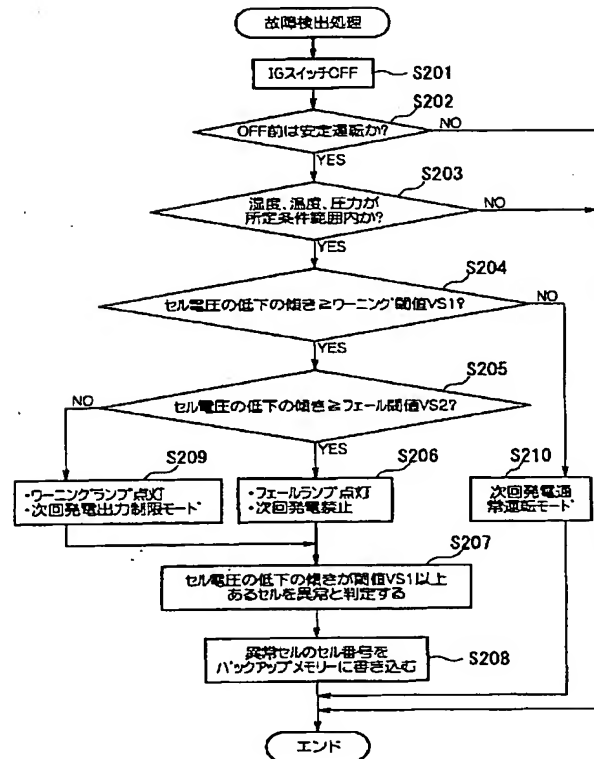
【図7】



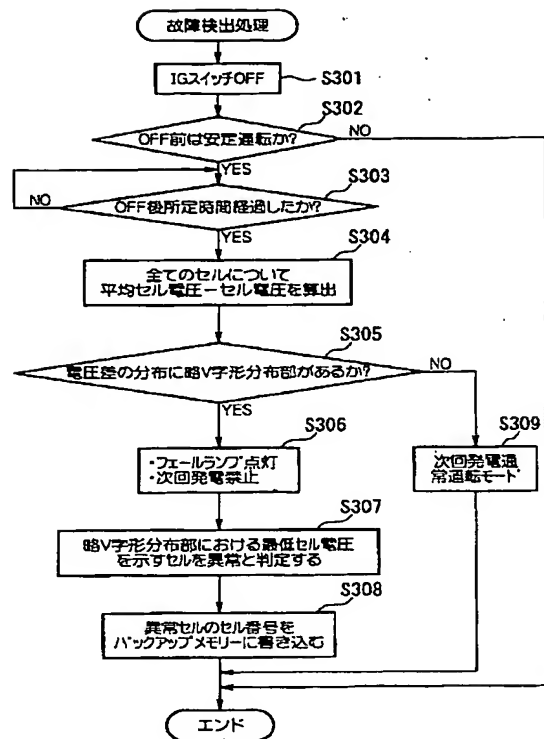
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 林 正規  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72)発明者 吉田 弘道  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CC03

5H027 AA06 BA13 BA19 CC06 KK54